

## Biodisel dari Lemak Hewani (Ayam Broiler) dengan Katalis Kapur Tohor

**Tjukup Marnoto, Abdulah Efendi**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas teknologi Industri  
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.  
Jln. SWK 104 Lingkar utara Condongcatur, Yogyakarta 55283  
Telp/Fax: 0274 486889  
Email : [tjukup@gmail.com](mailto:tjukup@gmail.com)

### Abstrak

*Teknologi proses pembuatan biodiesel adalah sederhana dan mudah dikenalkan pada masyarakat. Pembuatan biodiesel dengan menggunakan bahan limbah dan bahan yang mudah didapat, akan mengurangi pencemaran lingkungan dan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Tulisan ini memaparkan proses pembuatan biodiesel dari minyak (lemak) ayam broiler yang merupakan limbah rumah pemotongan hewan dan spiritus dengan katalis kapur tohor. Proses dilakukan di dalam reaktor batch tangki berpengaduk. Variabel yang dilakukan adalah waktu reaksi, suhu dan jumlah katalis. Hasil kajian didapatkan bahwa reaksi transesterifikasi minyak lemak ayam broiler dengan rasio minyak:spiritus 1:6 adalah order satu. Konstante kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius dengan nilai faktor tumbukan  $A = 5,5 \times 10^8$ , dan tenaga aktivasi  $E = 682,4345$  pada jumlah katalis 5 % dari berat minyak. Penurunan tenaga aktivasi karena penambahan katalis mengikuti persamaan power. Kondisi yang relatif baik untuk proses ini adalah suhu operasi  $70^\circ\text{C}$ , berat katalis antara 5-6% dari berat minyak, waktu reaksi 90 menit dengan konversi reaksi antara 0,9105 dan 0,9403. Sifat fisis hasil memenuhi SNI biodiesel dan dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel.*

**Keyword's:** *biodiesel, fat chicken oil, renewable, energy*

### I. Pendahuluan

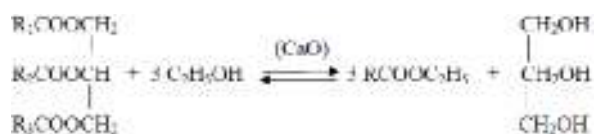
Biodiesel adalah alkyl ester dari rantai panjang asam lemak yang berasal bahan lemak, seperti minyak nabati atau lemak binatang. Biodiesel adalah bahan bakar diesel alternatif dapat diperbaharui dan berkelanjutan. Manfaat bahan bakar ini dibandingkan dengan bahan bakar fosil diantaranya yaitu toksisitas lebih rendah dan hampir nol emisi belerang (J.M. Marchetti, 2008). Bila dibandingkan dengan minyak solar yang digunakan pada mesin diesel, biodiesel lebih menurunkan emisi karbon monoksida, sulfur, hidrokarbon, dan asap pada keluaran proses dan pada pembakaran biodiesel tidak menambah tingkat level  $\text{CO}_2$  pada atmosfer (Qin Shu, dkk. 2006). Biodiesel secara umum dibuat dari transesterifikasi minyak dan alkohol. Beberapa bahan baku untuk pembuatan biodiesel antara lain minyak kelapa sawit, kedelai, bunga matahari, jarak pagar, dan beberapa jenis tumbuhan lainnya (Alonso, et al. 2007; Han, et al. 2005; Handayani. 2005; Kouzu, et al. 2008; Ni and Meunier. 2007; Xuejun Liu, et al. 2008; Yoeswono, dkk. 2008). Ada kendala utama dalam pembuatan biodiesel yaitu

dari segi bahan baku dan proses pembuatan seperti penggunaan bahan baku minyak sawit atau minyak bunga matahari harganya fluktuatif karena bahan tersebut juga digunakan sebagai bahan pangan sehingga tidak ekonomis, sedangkan minyak jarak memiliki kendala pada pasokan bahan baku (Suhaya. 2008). Penanggulangan masalah tersebut dapat dicari bahan baku biodiesel lain, dan tidak berkompetisi sebagai bahan makan.

Ayam broiler merupakan salah satu hewan ternak yang dapat diproduksi dalam waktu singkat (35 – 45 hari) dan peternakan ayam broiler dapat dijumpai hampir di semua daerah di Indonesia. Di Kabupaten Sleman jumlah populasi ayam broiler (pedaging) hampir mencapai 2,4 juta ekor pada tahun 2004 – 2006 (nn, 2007). Berdasarkan informasi dari Rumah Potong Ayam Saliman (Sleman), bahwa kandungan lemak ayam broiler sekitar  $\pm 10\%$  berat, dan lemak ayam broiler belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat dan sering dibuang sebagai limbah potongan hewan, ada sedikit dipakai untuk menyalakan api panggangan. Lemak buangan ini dapat dimanfaatkan untuk bahan

pembuatan biodiesel dari minyak hewani, hanya saja pasokan bahan ini terbatas akan tetapi dapat menanggulangi pencemaran lingkungan dan lebih bernilai ekonomis. Teknologi pembuatan biodiesel sebetulnya sangat mudah dan bisa ditransfer ke masyarakat menengah kebawah dan tidak harus memiliki keilmuan secara khusus, sehingga teknologi pembuatan biodiesel bisa dimasyarakatkan (Endang dkk, 2010). Oleh itu pembuatan biodiesel dari lemak ayam broiler dapat diaplikasi untuk menanggulangi pencemaran lingkungan serta menunjang ketahanan energi kemasyarakatan, untuk keperluan sendiri dilingkungannya. Tulisan ini akan memaparkan kinetika dan proses pembuatan biodiesel dengan bahan baku lemak ayam broiler dan spirtus dengan katalisator kapur tohor. Spirtus sebagai alkohol yang sebagian besar ethanol, yang murah dan mudah didapat dipasaran sekitar masyarakat, demikian juga kapur tohor adalah CaO hasil kalsinasi batu kapur, yang biasanya dipakai untuk bahan bangunan, juga murah dan mudah didapat di sekitar masyarakat, Sehingga teknologi ini sangat mudah, murah dan dalam aplikasinya sangat bermanfaat terhadap lingkungan dan dapat meningkatkan nilai ekonomis pematangan hewan.

Pada prinsipnya, proses transesterifikasi adalah mengeluarkan gliserin dari minyak dan mereaksikan asam lemak bebasnya dengan alkohol menjadi alkohol ester (*Fatty Acid Methyl Ester*) atau biodiesel (Yoeswono, dkk, 2008). Spiritus adalah bahan bakar yang terdiri dari campuran etanol, metanol dan minyak tanah (kerosin). Alkohol (metanol dan etanol) mempunyai sifat aseptrop dengan air sehingga spiritus mengandung sedikit air, minyak tanah atau kerosin saling melarutkan dengan ester dan keduanya tidak larut terhadap air dan gliserol. Penggunaan gliserol harus dipisahkan dengan katalis yang digunakan. Reaksi transesterifikasi minyak dengan spiritus menggunakan katalis kapur tohor mengikuti persamaan reaksi sebagai berikut:



Persamaan kecepatan reaksi transesterifikasi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$-r_M = k C_M^m C_A^n \quad \dots 1$$

Secara stoichiometri perbandingan mol minyak dan alkohol (1:3) jika alkohol berlebihan (>100%) maka persamaan kecepatan reaksi dapat ditulis sebagai berikut:

$$-r_M = k' C_M^m \quad \dots 2$$

Reaksi dijalankan di dalam reaktor berpengaduk secara batch, dengan neraca massa komponen minyak disekitar reaktor didapat persamaan sebagai berikut:

$$\frac{dC_M}{dt} = r_M = -k' C_M^m \quad \dots 3$$

$$\ln \left( \frac{dC_M}{dt} \right) = \ln(-k') + m \ln C_M$$

$$C_M = C_{M,0} (1-x) \rightarrow dC_M = -C_{M,0} dx$$

$$\frac{dx}{dt} = k' C_{M,0}^{m-1} (1-x)^m \quad \dots 4$$

Dimana  $C_M$  adalah konsentrasi minyak,  $t$  = waktu reaksi,  $k'$  adalah konstante kecepatan reaksi,  $x$  adalah konversi minyak dan  $m$  adalah order reaksi. Apabila konstante kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius, dimana  $A$  adalah faktor tumbukan,  $E$  adalah energi aktivasi dan  $R$  adalah konstanta gas ideal, maka persamaan dapat ditulis sebagai berikut:

$$k' = A \exp \left( - \frac{E}{RT} \right) \quad \dots 5$$

## II. Bahan dan Metode

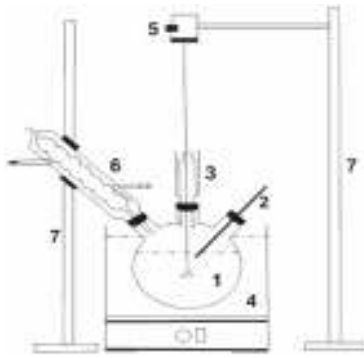
### 1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah minyak nyamplung, spiritus dan kapur tohor (CaO).

- Lemak hewani, didapatkan dari rumah potong ayam Saliman (Sleman). Hasil analisis kandungan lemak ayam broiler adalah : Asam Laurat (C12) = 0.25 %, Asam miristat (C14) = 0.64 %, Asam palmitat (C16) = 20.95 %, Asam oleat (C18:1) = 47.73 %, Asam linoleat (C18:2) = 20.42 %, Asam linolenat (C18:3) = 1.40 %. Berat Molekul lemak ayam = 936,55.
- Spirit, didapat dari pengecer (Toko Chemix di jalan Seturan, Yogyakarta) Komposisi yang tertera pada label adalah Etanol 89,45%, methanol 2,11% dan kerosin 8,44% (% volume).
- Katalis kapur tohor adalah (CaO) hasil kalsinasi batu gamping yang didapat dari pembakaran batu gamping atau disebut tobong gamping di jalan Ring-road selatan Yogyakarta.

### 2. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu labu leher tiga sebagai reaktor (*batch*), pengaduk, pendingin balik, termometer, *water bath*, *stopwatch*, *tachometer* dan timbangan elektrik. Skema rangkaian alat-alat yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.



- Keterangan:
1. Labu leher tiga
  2. Termometer
  3. Pengaduk merkuri
  4. Waterbath
  5. Motor pengaduk
  6. Pendingin balik
  7. Statif dan klem

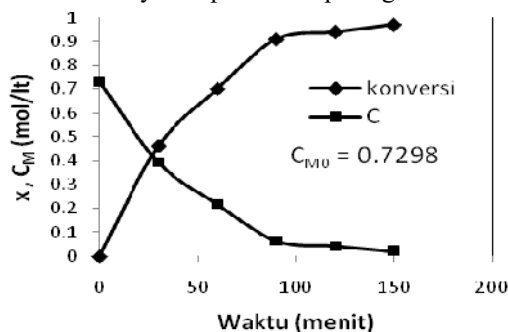
Gambar 1 : skema rangkaian alat proses.

### 3. Prosedur Kerja

Transesterifikasi minyak hewani dilakukan dengan memanaskan minyak pada suhu yang divariasi antara (50 hingga 80°C) di dalam labu. Bersamaan itu dipanaskan spiritus dan katalisator dengan perbandingan berat tertentu di dalam erlenmeyer pada suhu tersebut. Kemudian mereaksikan ke dua reaktan dengan perbandingan mol antara minyak dan spiritus 1:6 dan diaduk dengan kecepatan pengadukan 2000 rpm, kondisi dijaga konstan. Variasi jumlah katalis dilakukan antara 3-6% dari berat minyak. Sampel diambil sebanyak 15 ml, pada selang waktu tertentu, kemudian lapisan biodisel dipisahkan dari gliserol menggunakan corong pemisah, dan dicuci dengan aquadest. Ester dan air pencuci dipisahkan dengan cara sentrifugasi dengan kecepatan putaran 1600 rpm selama 15 menit. Hasil biodisel di analisa menggunakan GC, analisa secara fisik dilakukan dengan metode-metode ASTM D 1298, D93 dan D97.

### III. Hasil dan Pembahasan

Penelitian awal dilakukan untuk meramalkan order reaksi dengan variasi waktu antara 30 menit sampai dengan 150 menit. Data yang diperoleh pada konsentrasi awal minyak 0.729805 mol/l, mol rasio minyak dan spiritus 1:6, suhu 70°C dan berat katalis 5 % dari berat minyak, adalah hubungan waktu dan konversi minyak dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2: Konversi reaksi dan konsentrasi minyak dalam reaktor setiap waktu proses.

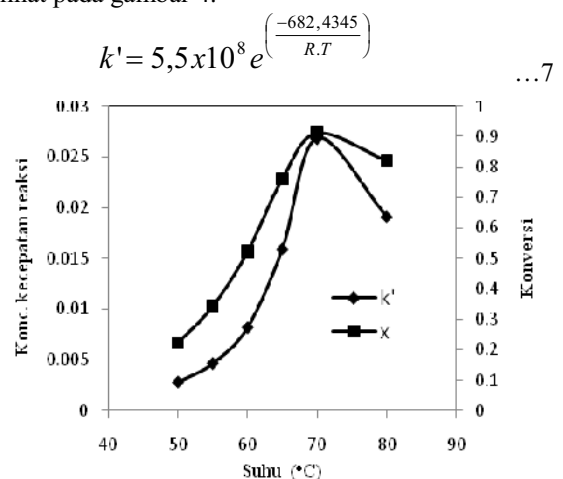
Berdasarkan data tersebut dengan merujuk persamaan 4 didapatkan nilai  $m=1,0386 \approx 1$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi transesterifikasi minyak lemak hewani dengan katalis kapur tohor adalah order satu. Maka perhitungan selanjutnya persamaan 3 dapat dievaluasi sebagai berikut:

$$C_M = C_{M,0} \cdot (1 - x) \rightarrow dC_M = -C_{M,0} dx$$

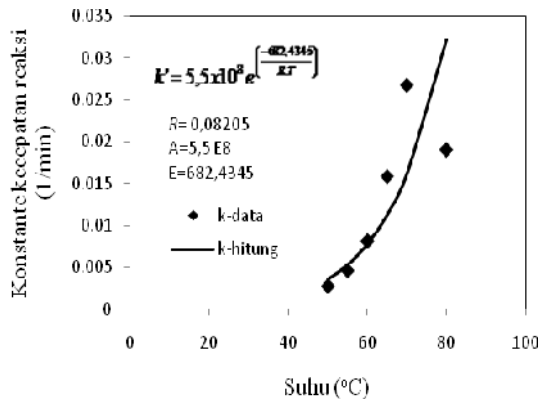
$$\frac{dx}{(1 - x)} = k' \cdot dt \rightarrow -\ln(1 - x) = k' \cdot t \quad \dots 5$$

$$k' = \frac{-\ln(1 - x)}{t} \quad \dots 6$$

Variabel suhu operasi dilakukan dengan perbandingan mol reaktan 1:6, pengadukan 2000 rpm, katalis 5 % dan waktu 90 menit. Gambar 3 adalah data konversi minyak dan konstante kecepatan reaksi pada berbagai suhu. Kenaikan suhu operasi akan menaikkan konversi minyak yang bereaksi, namun pada suhu 80°C, ternyata terjadi penurunan. Titik didih normal spiritus (etanol) adalah 78°C, maka pada suhu tersebut (80°C) sebagian spiritus akan berubah fase menjadi fase uap dan lolos dari sistem reaksi, maka kontak antara spiritus dan minyak maupun katalis akan berkurang, sehingga menyebabkan konversi menurun. Apabila konstante kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius, maka dengan data pada gambar 3 dapat dievaluasi persamaan konstante kecepatan reaksi seperti pada persamaan 7. Dimana frekwensi tumbukan  $A = 5,5 \cdot 10^8$ ; energi aktivasi  $E = 682,4345$  dengan  $R = 0,082057$  lt.atm/(mol.°K) dan T pada derajat Kelvin. Perbandingan nilai konstante kecepatan reaksi ( $k'$ ) data dan hasil perhitungan tidak jauh berbeda dan dapat dilihat pada gambar 4.



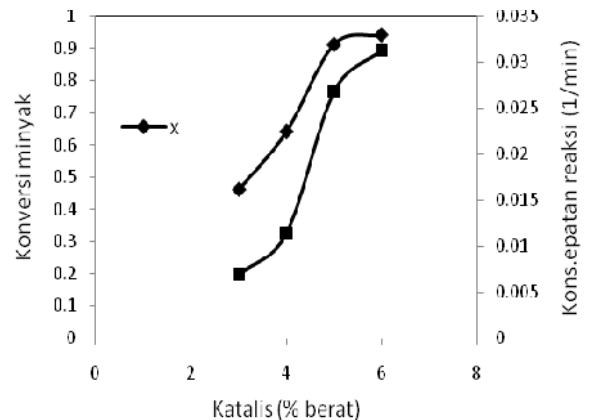
Gambar 3 : Konversi dan Konstante kecepatan reaksi pada berbagai suhu operasi.



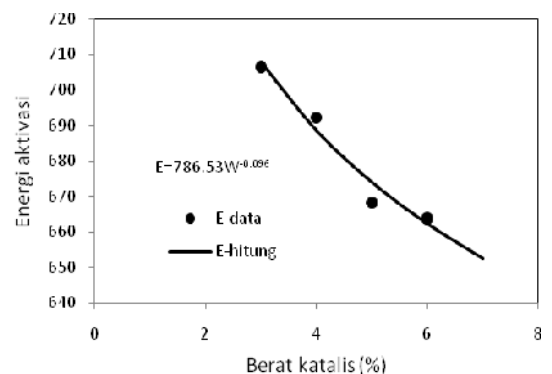
Gambar 4 : Perbandingan k-data dan k hasil perhitungan pada berbagai suhu operasi.

Data pengaruh penggunaan berat katalis yang dilakukan pada rasio mol minyak:spiritus 1:6, pengadukan 2000 rpm dan temperatur operasi 70 °C dan waktu reaksi 90 menit, adalah konversi minyak dan konstante kecepatan reaksi pada berbagai berat katalis dalam presen berat dari berat minyak hewani, ditunjukkan pada gambar 5. Katalisator berfungsi sebagai pengarah hasil reaksi dan menurunkan energi aktivasi, sehingga dapat meningkatkan konstante kecepatan reaksi dan mempercepat reaksi. Penurunan energi aktivasi tidak linier terhadap penambahan jumlah katalis (gambar 6) melainkan mengikuti persamaan power. Gambar 6 menunjukkan bahwa perbandingan energi aktivasi (E) data dengan hasil perhitungan dengan persamaan regresi tidak jauh berbeda, sehingga dapat dikatakan penurunan energi aktivasi terhadap penambahan katalisator mengikuti persamaan 8. Namun demikian penambahan katalisator padat (kapur tohor) juga akan mengurangi jumlah gliseror yang dihasilkan, karena sebagian tersuspensi di dalam katalis, maka penggunaan katalis perlu dibatasi. Merujuk hubungan konversi minyak yang bereaksi terhadap penambahan katalis, pada berat katalis diatas 5 % terjadi titik belok dan pada 6% konversi hanya sedikit kenaikan, maka penggunaan katalis kapur tohor yang baik antara 5-6% dari berat minyak.

$$E = 786,53.W^{-0,096} \quad \dots 8$$



Gambar 5 : Konversi dan Konstante kecepatan reaksi pada berbagai berat katalis.



Gambar 6 : Perbandingan Energi aktivasi (E) data dan hasil perhitungan pada berbagai berat katalis.

Merujuk pembahasan-pembahasan tersebut diatas dapat, bahwa proses transesterifikasi minyak hewani (lemak ayam broiler) dengan spirtus, menggunakan katalis kapur tohor dengan reaktor *batch* tangki berpengaduk, kondisi yang relatif baik pada rasio minyak:spirtus 1:6, suhu operasi dibawah titik didih spirtus yaitu antara 70°C, berat katalis antara 5-6% dari berat minyak dan waktu reaksi adalah 90 menit. Pada kondisi tersebut konversi minyak yang bereaksi antara 0,9105 dan 0,9403.

Hasil-hasil biodisel untuk keperluan bahan bakar biodisel dilakukan analisis sifat fisis diantaranya adalah Densitas atau *Specific gravity* (*spgr*), *Flash point* dan *Freeze Point* dan Viskositas, dan hasil sifat –sifat fisis biodisel ditunjukkan pada tabel 1. Berdasarkan dari batas-batas (minimum dan maksimum) menurut standard SNI biodisel 04-7182-2006, maka biodisel ini memenuhi standard SNI dan memenuhi syarat untuk bahan bakar mesin disel.

Tabel 1. Sifat Fisis biodiesel dari minyak ayam broiler

No	Sifat Fisis biodiesel	Hasil analisa	SNI 04-7182-2006	Metode Analisa
1.	Viskositas kinematik 40 °C, cst	1,42	2,3-5,0	ASTM D 445
2.	Flash point, °C	195	Min 100	ASTM D 93
3.	Pour Point, °C	5	≤18	ASTM D 97
4.	Spgr, 60/60°C, kg/m <sup>3</sup>	0,853	0,850-0,890	ASTM D 1298

#### IV. Kesimpulan

1. Proses pembuatan biodiesel dari minyak hewani (lemak ayam broiler) dan spiritus dengan katalisator kapur tohor dapat dilakukan dengan reaktor *batch*.
2. Reaksi transesterifikasi lemak hewani dan spiritus dengan rasio minyak:spiritus 1:6 mengikuti reaksi order satu.
3. Persamaan konstante kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius dengan nilai frekwensi tumbukan  $A = 5,5 \times 10^8$ , pada jumlah katalis 5 % dari berat minyak, nilai  $E = 682,4345$ .
4. Penurunan energi aktivasi terhadap jumlah katalis mengikuti persamaan  $E = 786,53.W^{-0,096}$ .
5. Kondisi yang relatif baik yaitu rasio minyak:spiritus 1:6, suhu operasi 70°C, berat katalis antara 5-6% dari berat minyak dan waktu reaksi 90 menit. Pada kondisi tersebut konversi minyak yang bereaksi antara 0,9105 dan 0,9403.
6. Ester-ester yang dihasilkan berdasarkan sifat fisik memenuhi sebagai bahan bakar biodisel.
7. Kualitas biodiesel dari lemak ayam broiler adalah: viskositas kinematik 40°C = 1,42 mm/cst, *specific gravity* 60/60 °C = 0,853, *Flash point* = 195°C dan *Pour Point* = 5 °C, nilai-nilai tersebut memenuhi batas-batas minimum dan maksimum dari bahan bakar mesin disel.
8. Teknologi ini sangat mudah dan murah, serta dapat ditransfer ke masyarakat pemotongan hewan, dengan bahan-bahan dan alat yang mudah didapat.
9. Aplikasi teknologi ini kepada masyarakat dapat mengurangi limbah dan meningkatkan nilai ekonomis rumah pemotongan hewan, serta meningkatkan ketahanan energi nasional.

#### Pustaka

- Alonso, D.M., Mariscal, R., Moreno-Tost, R., Poves, Z.M.D., Granados M.L. 2007, Potassium leaching during triglyceride transesterification using K/c-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts, *Catalysis Communications* 8: 2074–2080
- Anonim, 2007, *Number of Bird per District in Sleman Regency 2004 – 2006*, Laporan Tahunan Kabupaten Sleman, Yogyakarta.

Endang Sulistyowati, Tjukup Marnoto, Zubaidi Ahmad, Octavrari Wawey Mara, Indah Fajarina, 2010, Pembuatan Biodisel dari Minyak Nyamplung (*Callophyllum inophyllum*) dan Spiritus dengan, Katalisator Kapur Tohor untuk Memasyarakatkan Ketahanan Energi Nasional, Laporan Penelitian Hibah Kompetensi A-2 Jurusan Teknik Kimia UPN “ VETERAN “ Yogyakarta

Han, H., Chao, W. & Zhang, J. 2005. Preparation of biodisel from soybean oil using supercritical methanol and CO<sub>2</sub> as cosolvent. *Process Biochemistry* 40:3148 - 3151

Handayani, T. 2005. *Pembuatan Drying Oil dari Minyak Jarak*. Fakultas Teknologi Industri, ITB, Bandung.

Kouzu, M., Kasuno, T., Tajika, M., Sugimoto, Y., Yamanaka, S., Hidaka, J. 2008. Calcium oxide as a solid base catalyst for transesterification of soybean oil and its application to biodisel production. *Fuel* 87: 2798–2806.

Marchetti, J.M., Miguel, V.U. & Errazu, A.F. 2008. Techno-economic study of different alternatives for biodiesel production. *Fuel Processing Technology* 89: 740 – 748.

Ni, J. & Meunier, F.C. 2007. Esterification of Free Fatty Acids in Sunflower Oil Over Solid acid Catalysts Using Batch and Fixed bed-reactors. *Applied Catalysis A: General* 333, hal.122–130.

Qing S., Bolun .Y, Hong .Y, Song .Q, and Gangli .Z. 2007. *Synthesis of Biodiesel from Soybean Oil and Methanol Catalyzed by Zeolite Beta Modified with La<sup>3+</sup>*. *Catalysis Communications* 8 page 2159–2165.

Suhaya, D. 2008, *Para Kandidat Biodisel*, [www.dedesuhaya.blogspot.com](http://www.dedesuhaya.blogspot.com) (akses Juli 2008)

Xuejun Liu., Huayang He., Yujun Wang., Shenlin Zhu., Xianglan Piao. 2008. Transesterification of soybean oil to biodiesel using CaO as a solid base catalyst. *Fuel* 87: 216–221

Yoeswono., Triyono. & Iqmal Tahir. 2008. Kinetics of Palm Oil Transesterification in Methanol with Potassium Hydroxide as a Catalyst. *Indo. J. Chem.*, 8 (2): 219 – 225.